

*Zbigniew Heidrich, Krzysztof Tiunajtis*

**ILOŚCI OSADÓW POCHODZĄCYCH  
Z WIEJSKICH OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW  
I KIERUNKI ICH UNIESZKODLIWIANIA**

---

***ABOUT QUANTITIES OF SLUDGE FROM HOUSEHOLD  
WASTEWATER TREATMENT PLANTS  
AND DIRECTIONS OF THEIR DISPOSAL***

**Streszczenie**

Ilość osadów powstających w wiejskich oczyszczalniach ścieków jest pochodną stosowanych metod oczyszczania ścieków. Inne ilości osadu powstają w przydomowych oczyszczalniach ścieków a inne w zbiorczych oczyszczalniach ścieków. W tym drugim przypadku istotny jest też układ technologiczny powiązany z usuwaniem tylko związków węgla organicznego lub też dodatkowo związków azotu i fosforu. Zidentyfikowanie ilości powstających osadów jest bardzo istotne z punktu widzenia ich zagospodarowania. Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi osady mogą być wykorzystane w rolnictwie lub do rekultywacji terenów przeznaczonych na cele rolne lub nie rolne. Niezależnie od tego jak będą zagospodarowane konieczne jest ich odwadnianie a w wielu przypadkach również higienizowanie. I tu pojawia się pytanie jak rozwiązać problem odwadniania osadu. Po pierwsze czy w ramach wiejskiej oczyszczalni ścieków, czy też w oczyszczalni komunalnej położonej w najbliższym sąsiedztwie. W przypadku rozwiązania problemu w ramach wiejskiej oczyszczalni ścieków można brać pod uwagę albo workownice albo też urządzenia w pełni mechaniczne.

**Słowa kluczowe:** osady ściekowe, odwadnianie osadu, workownica, prasa taśmowa

***Summary***

*The volume of sludge produced in household wastewater treatment plants depends on sewage treatment methods. Other volume of sludge is produced in household treatment plants and another - in collective wastewater treatment*

*plants. In the latter case, the type of technological system related only to the removal of compounds of organic carbon or to the removal of additional compounds of nitrogen and phosphorous are also of concern. The identification of volume of sludge that is being produced is very important from the point of view of its use. In accordance with the current law, the sludge can be used in agriculture or for reclamation of terrains designed for agricultural or non-agricultural purposes. Regardless of the way these terrains will be used, it is indispensable to dewater them and in many cases - also to disinfect them. And there the questions of how to resolve the problem of sludge's dewatering emerges. First of all, should it be solved within the household sewage treatment plant or within the municipal sewage treatment plant located in the neighbourhood? In the case of the former, one can take into account either the dewater and bags system or fully mechanical facilities.*

**Key words:** *sewage sludge, sludge dewatering, dewater and bags system, belt filter press*

## WSTĘP

Oczyszczanie ścieków generuje powstawanie odpadów takich, jak skratki, piasek i osady. Skratki i piasek nie stanowią istotnego problemu bowiem po ich prasowaniu – w przypadku skratek bądź też separacji lub płukaniu – w odniesieniu do piasku, gromadzone są w kontenerach i wywożone na wysypisko odpadów stałych. Problemem są osady, które ze względu na swoje właściwości wymagają zastosowania takich urządzeń, które pozwolą na pozbycie się znacznych ilości wody, stabilizację dla wyeliminowania zdolności do zagniwania oraz higienizację w celu przygotowania osadów do wykorzystania ich na różne cele. W przypadku wiejskich jednostek osadniczych celem końcowym jest możliwość wykorzystania osadu w rolnictwie lub do rekultywacji terenów przeznaczonych na cele rolne.

Za niedopuszczalne można uznać składowanie osadów na terenie wiejskich oczyszczalni ścieków. Jeżeli brak jest możliwości wykorzystania osadów na cele rolne, to po ich odwadnianiu, stabilizacji i ewentualnie higienizacji powinny być one wywożone do najbliższej dużej oczyszczalni ścieków i tam poddawane procesom suszenia i termicznego przekształcania. Wówczas to ostatecznym problemem staje się konieczność zagospodarowania powstających popiołów.

Wszystkie działania związane z zagospodarowaniem osadów ściekowych powstających w wiejskich oczyszczalniach ścieków powinny obejmować sporządzenie bilansu masy osadów, ustalenie najbardziej efektywnego schematu technologicznego oraz dokonanie wyboru urządzeń o najkorzystniejszych parametrach technicznych.

### BILANS POWSTAJĄCYCH OSADÓW

W przypadku wiejskich oczyszczalni ścieków, w których najczęściej realizowane są procesy zmierzające do usuwania zawieszin i związków węgla organicznego (obniżenie ChZT i BZT<sub>5</sub>), powstawać mogą tylko dwa rodzaje osadów:

– **Osad wstępny**, powstający w wyniku sedymentacji łatwoopadających zawieszin organicznych, realizowanej w osadnikach wstępnych,

– **Osad po biologicznym oczyszczaniu ścieków (osad wtórny)** powstający w wyniku przyrostu biomasy i zatrzymywania w osadnikach wtórnych a następnie oddzielony od osadu recykulowanego.

Oba rodzaje osadów powstawać będą zawsze w przypadku oczyszczalni ścieków, w której proces biologicznego oczyszczania odbywa się z wykorzystaniem złóż biologicznych. Stosując technologię osadu czynnego mogą powstawać dwa rodzaje osadów lub tylko drugi jego rodzaj, jako nadmierny osad czynny.

**Sucha masa osadu wstępnego** będzie zależna od czasu zatrzymania ścieków w osadniku ( $t_z$ ) i związanego z tym efektu redukcji zawiesiny ogólnej. Przyjmując, że jednostkowy ładunek zawiesiny ogólnej wynosi 70 g/M·d, jednostkowa sucha masa osadu wyniesie [Heidrich i in. 2008]:

|                       |      |      |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|------|------|
| $t_z$ [h]             | 0,5  | 0,75 | 1,0  | 1,5  | 2,0  |
| $g_{ws}$ [g s.m./M·d] | 24,2 | 29,4 | 32,6 | 36,8 | 39,6 |

Uwodnienie osadu wstępnego przyjmuje się na poziomie 97,5÷98%, czyli 2÷2,5% s.m.

Jednostkowy przyrost osadu po złożach biologicznych przyjmuje się na poziomie 0,75 g s.m./g BZT<sub>5</sub> [Wytyczna... 2001]. Przyjmując jednostkowy ładunek zanieczyszczeń wyrażony przez BZT<sub>5</sub> – 60 g/M·d oraz zakładając czas zatrzymania ścieków w osadniku wstępnym  $t_z = 1$  h; 1,5 h lub 2 h, oraz zakładając związany z tym efekt obniżenia BZT<sub>5</sub> odpowiednio o: 26,5%; 31,5% oraz 34,5%, jednostkowa sucha masa **osadu wtórnego** wyniesie [Heidrich i in. 2008]:

|                       |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|
| $t_z$ [h]             | 1,0  | 1,5  | 2,0  |
| $g_{wt}$ [g s.m./M·d] | 33,1 | 30,8 | 29,5 |

Uwodnienie osadu wtórnego po złożach biologicznych przyjmuje się na poziomie 97,5%, tj. 2,5% s.m.

Ostatecznie można przyjąć, że działanie mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków ze złożami biologicznymi będzie generować następujące

ilości osadu mierzone jednostkową suchą masą bądź jednostkową objętością ustaloną przy uwodnieniu 97,5%:

- dla  $t_z = 1,0$  h     $-\Sigma g = 65,7$  g s.m./M·d oraz     $\Sigma v = 2,63$  dm<sup>3</sup>/M·d,
- dla  $t_z = 1,5$  h     $-\Sigma g = 67,6$  g s.m./M·d oraz     $\Sigma v = 2,7$  dm<sup>3</sup>/M·d,
- dla  $t_z = 2,0$  h     $-\Sigma g = 69,1$  g s.m./M·d oraz     $\Sigma v = 2,76$  dm<sup>3</sup>/M·d.

Sucha masa **nadmiernego osadu czynnego** zależy od jednostkowego przyrostu osadu i ładunku zanieczyszczeń, wyrażonego przez BZT<sub>5</sub>, wyprowadzanego do reaktora biologicznego. Z kolei jednostkowy przyrost osadu jest funkcją wieku osadu oraz ilorazu stężenia zawiesiny ogólnej do wartości BZT<sub>5</sub> w ściekach doprowadzanych do reaktora. Oznaczając pierwszy z tych parametrów przez WO (w dobach) a drugi przez  $\alpha$ , jednostkowy przyrost osadu  $\Delta m$  (w kg s.m./kg BZT<sub>5</sub>) można wyznaczyć ze wzoru [1, 3]:

$$\Delta m = -0,1428 \cdot \ln(\text{WO}) + 0,7446 + 0,6 \cdot \alpha$$

Ponieważ w miejskich oczyszczalniach ścieków pracujących w technologii osadu czynnego nie stosuje się osadników wstępnych, a zadaniem oczyszczalni jest jedynie usuwanie związków węgla organicznego, to  $\text{WO} = 4$  dni a  $\alpha = (70:60) = 1,17$ , i wtedy  $\Delta m = 1,24$  kg s.m./kg BZT<sub>5</sub>, a jednostkowa sucha masa osadu:

$$g_{\text{wt}} = 74,4 \text{ g s.m./M} \cdot \text{d}$$

Ponieważ uwodnienie nadmiernego osadu czynnego wynosi średnio 99,3% (0,7% s.m.), to jednostkowa objętość osadu wyniesie:

$$v_{\text{wt}} = 10,6 \text{ dm}^3 / \text{M} \cdot \text{d}$$

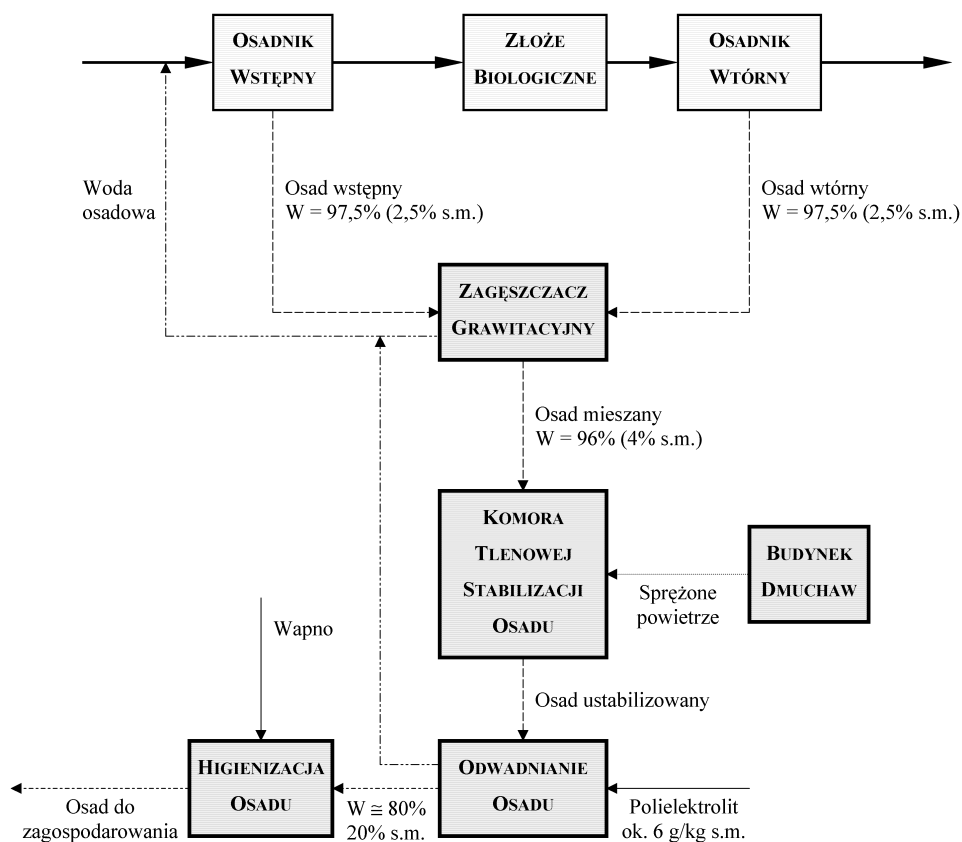
Znając liczbę mieszkańców korzystających z oczyszczalni ścieków oraz jednostkową suchą masę osadu i jednostkową objętość osadu możliwe jest zbilansowanie ilości powstającego osadu.

#### UKŁADY TECHNOLOGICZNE PRZERÓBKI I UNIESZKODLIWIANIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Stosowane układy technologiczne przeróbki i unieszkodliwiania osadów ściekowych powinny uwzględniać takie procesy i urządzenia które pozwolą na:

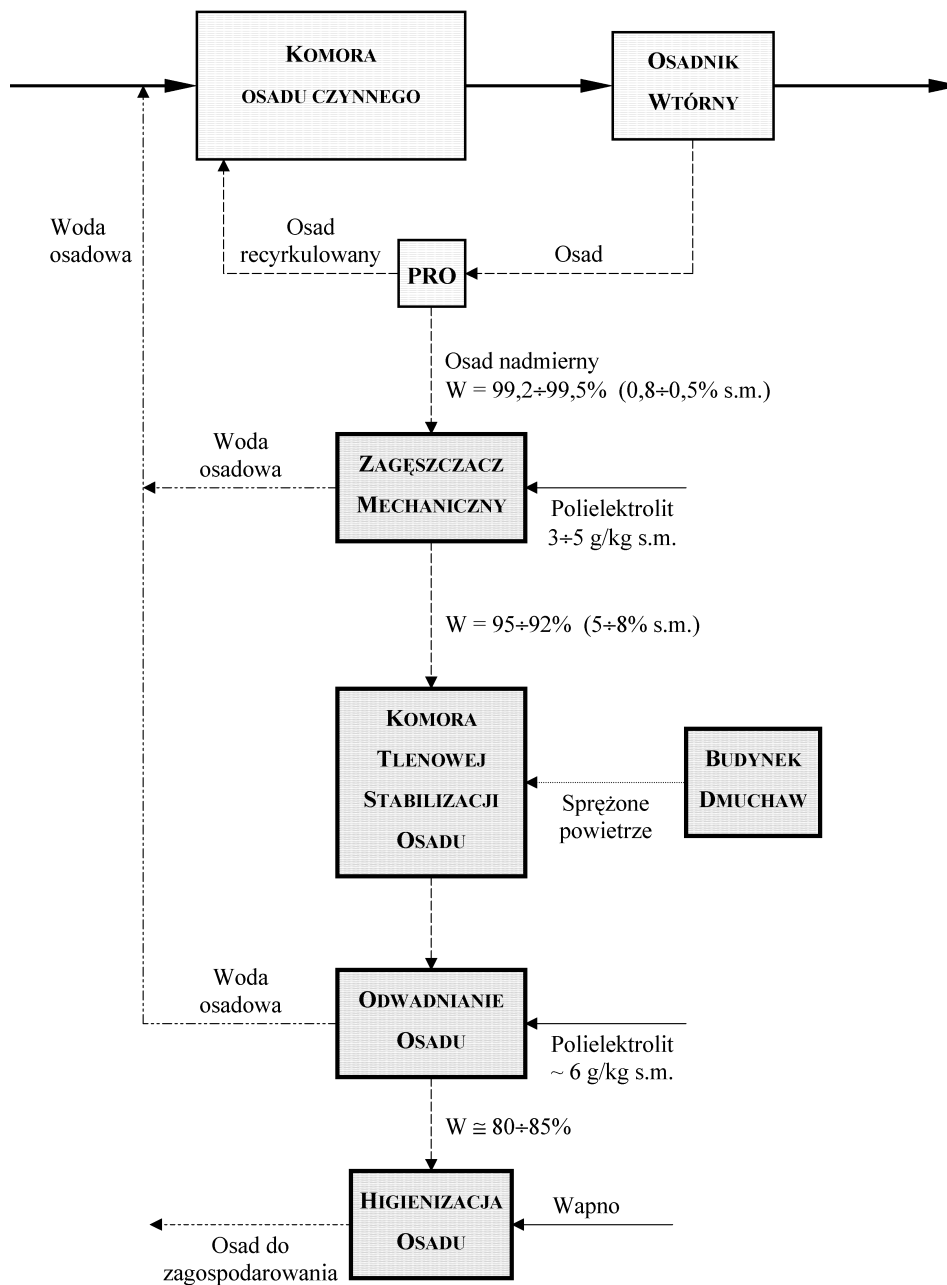
- zmniejszenie objętości osadu poprzez jego zagęszczanie i odwadnianie,
- stabilizację osadu, co pozbawi osad zdolności do zagniwania i związanego z tym pojawiania się odorantów,
- przygotowanie osadu do zagospodarowania go poprzez rolnicze wykorzystanie lub rekultywację terenów przeznaczonych na cele rolne lub nierolne, a co wymaga zastosowania procesu higienizacji z użyciem wapna.

Podstawowe układy technologiczne przeróbki i unieszkodliwiania osadów ściekowych przedstawiono na rysunkach 1 i 2., odpowiednio przy biologicznym oczyszczaniu ścieków z zastosowaniem złożów biologicznych lub urządzeń osadu czynnego. Analizując przedstawione układy należy zwrócić uwagę na sposób zagęszczania osadu. W przypadku osadu wstępnego i osadu wtórnego po złożach biologicznych należy stosować zagęszczanie grawitacyjne, natomiast w odniesieniu do nadmiernego osadu czynnego – zagęszczanie mechaniczne lub flotacyjne.



**Rysunek 1.** Schemat technologiczny przeróbki i unieszkodliwiania osadów ściekowych przy biologicznym oczyszczaniu ścieków na złożach biologicznych poprzedzonych osadnikiem wstępnym

**Figure 1.** The technological scheme of sewage sludge treatment and disposal during the biological wastewater treatment on the filter beds preceded by a primary settlement tank



**Rysunek 2.** Schemat technologiczny przeróbki i unieszkodliwiania nadmiernego osadu czynnego

**Figure 2.** The technological scheme of surplus activated sludge treatment and disposal

Każdorazowo problemem dla inwestora jest wybór urządzenia do odwadniania osadu. Dla podjęcia takiej decyzji będą pomocne informacje podane w dalszej części artykułu.

### **WYBÓR METODY I URZĄDZENIA DO MECHANICZNEGO ODWADNIANIA OSADU**

W odniesieniu do większych zbiorczych oczyszczalni ścieków wybór urządzenia powinien być dokonany z uwzględnieniem albo workownicy (urządzenie typu DRAIMAD) albo też prasy taśmowej.

Zakres stosowania workownicy wynika z jej zdolności do przyjęcia określonej suchej masy osadu. Ponieważ w jednym worku odwadnia się 15 kg s.m./d, to układ 12-workowy może przyjąć osad w ilości 180 kg s.m./d. Przyjmując, że jednostkowa sucha masa osadu to 0,44 kg s.m./m<sup>3</sup> to 12-workowe urządzenie może być wykorzystane w oczyszczalni ścieków o przepustowości nie przekraczającej 400 m<sup>3</sup>/d (maksymalnie ok. 3400 mieszkańców). Dla określonej wcześniej jednostkowej ilości osadu wstępnego i osadu wtórnego po złożach biologicznych (65,7÷69,1 g s.m./M·d) można określić maksymalną liczbę mieszkańców obsługiwaną przez oczyszczalnię ścieków, w której zastosowano 12-workowe urządzenie na poziomie  $M = 2600 \div 2740$ . Dla nadmiernego osadu czynnego, którego jednostkowa ilość wynosi 74,4 g .m./M·d –  $M \leq 2400$ .

Przyjmując, że nieprzekraczalną granicą stosowalności workownicy jest oczyszczalnia ścieków o przepustowości 400 m<sup>3</sup>/d, można porównać nakłady inwestycyjne dla urządzenia 12-workowego oraz dla prasy taśmowej, np. MONOBELT NP08. W odniesieniu do pierwszego z tych urządzeń nakłady inwestycyjne to 68 tys. euro (w tym koszt kompletu urządzeń 18 tys. euro), a w odniesieniu do drugiego – 100 tys. euro (w tym koszt kompletu urządzeń 50 tys. euro).

Oceniając koszty eksploatacji odniesione do analizowanych urządzeń należy wziąć pod uwagę bardzo dużą różnicę kosztów wywozu i składowania osadu. Obecne koszty składowania to 100÷200 zł/t wywożonego osadu. I tu pojawia się różnica dotycząca analizowanych urządzeń, bowiem w przypadku workownicy zawartość suchej masy w osadzie wywożonym to ok. 50% s.m., a w przypadku prasy taśmowej – 18÷20 s.m. Wynika z tego, że jednostkowy koszt wywozu i składowania osadu w odniesieniu do 1 m<sup>3</sup> oczyszczanych ścieków to 0,04 euro/m<sup>3</sup> – dla workownicy oraz 0,11 euro/m<sup>3</sup> – dla prasy taśmowej. Dla workownicy całkowite jednostkowe koszty eksploatacji wyniosą – 0,1344 euro/m<sup>3</sup> natomiast dla prasy – 0,1754 euro/m<sup>3</sup>.

Z przeprowadzonych rozważań wynika więc jednoznacznie, że w oczyszczalniach o przepustowości do 400 m<sup>3</sup>/d powinno się stosować workownice.

## PODSUMOWANIE

Przedstawione w artykule rozważania dają podstawę do sformułowania następujących wniosków:

– bilansując ilość osadu powstającego w wiejskich oczyszczalniach ścieków można przyjmować jednostkową suchą masę osadu na poziomie ok. 70 g s.m./M·d, a jego uwodnienie 97,5% dla osadu wstępnego i wtórnego po złożach biologicznych oraz 99,3% – dla nadmiernego osadu czynnego.

– układ technologiczny unieszkodliwiania i przeróbki osadów ściekowych pochodzących z wiejskich oczyszczalni ścieków powinien uwzględniać procesy: zagęszczania (grawitacyjnego dla osadu wstępnego i osadu po złożach biologicznych oraz mechanicznego dla nadmiernego osadu czynnego), biologicznej stabilizacji tlenowej, odwadniania i higienizacji,

– w oczyszczalniach ścieków o przepustowości do 400 m<sup>3</sup>/d (ok. 3000 mieszkańców) do odwadniania osadu zaleca się stosować workownice a powyżej tej wielkości – prasy taśmowe.

## BIBLIOGRAFIA

- Heidrich Z., Kalenik M., Podedworna J., Stańko G. *Sanitacja wsi*. Wyd. „Seidel-Przywecki”. Warszawa 2008.
- Wytyczna ATV-DVWK-A281P. *Wymiarowanie złóż zraszanych i zanurzanych*. Wyd. „Seidel-Przywecki”. Warszawa 2001.
- Wytyczna ATV-DVWK-A131P. *Wymiarowanie oczyszczalni ścieków z osadem czynnym*. Wyd. „Seidel-Przywecki”. Warszawa 2001.

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Heidrich  
Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska  
Zakład Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków, (Kierownik Zakładu)  
ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa  
tel. (0-22) 234 78 32, 825 09 54, 621 59 95, faks (0-22) 625 43 05  
zbigniew.heidrich@is.pw.edu.pl

Dr inż. Krzysztof Tiunajtis  
EKOFINN-POL Sp. z o.o.  
ul. Leśna, 80-297 Banino k. Gdańska  
tel. (0-58) 684 87 03, faks (0-58) 684 99 98  
ekofinn-pol@ekofinn-pol.com.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Stanisław Krzanowski*